

1. Теория и практика циклонных технологических процессов в металлургии и других отраслях промышленности. – Тезисы докладов XII Всесоюзной научно-технической конференции (Днепропетровск, сент. 1982 г.). – Днепропетровск: ДМЕТИ, 1982. – 118 с.

2. Балуев Е.Д., Троянкин Ю.В. Аэродинамика циклонного процесса при переработке многокомпонентных шихт. – В кн.: Циклонные энерготехнологические процессы и установки: Труды НТС (Москва, ноябрь 1966 г.). – М.: Цветметинформация, 1967, с. 37–42.

3. Карпов С.В., Сабуров Э.Н. Методика расчета аэродинамических характеристик циклонных камер. – Химическое и нефтяное машиностроение, 1977, № 7, с. 20–22.

4. Резняков А.Б., Устименко Б.П., Вышенский В.В. и др. Технологические основы циклонных топочных и технологических процессов. – Алма-Ата: Наука, 1974. – 374 с.

5. Теске Хартмут. Управление движением двухфазного потока в циклонно-вихревых аппаратах: Автореферат дис. канд. техн. наук. – Одесса, 1982. – 22 с.

6. Гайдабуря И.П. Разработка и внедрение автоматической системы регулирования энерготехнологического вихревого аппарата с использованием косвенных переменных: Автореферат дис. канд. техн. наук. – Одесса, 1982. – 16 с.

7. Тодорцев Ю.К., Гайдабуря И.П. Повышение эффективности аппаратов вихревого типа. – Химическая промышленность, 1981, № 2, с. 56–57.

УДК 66.01-52

А.И. В а г а н о в

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА В ВИХРЕВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ АППАРАТЕ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

Вихревые технологические аппараты (ВТА) широко используются в химической и металлургической промышленности в качестве высокоинтенсивных плавителей полидисперсных материалов [1].

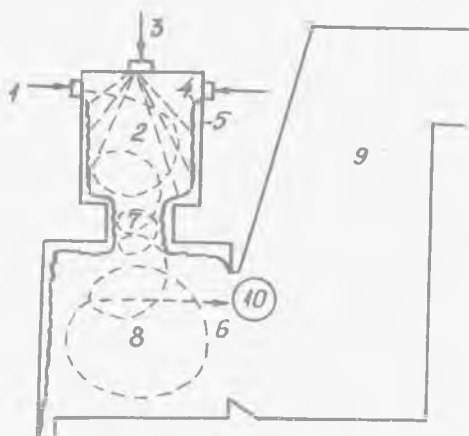
Основой рабочего процесса в ВТА (рис. 1) является закрученный газосовый поток, который образуется вследствие тангенциального подвода топливоокислительной смеси 1 в цилиндрическую камеру 2 и создает благоприятные условия для тепло- и массообменных процессов. Полидисперсный материал 3 подается в аппарат аксиально (или тангенциально с топ-

лизокислительной смесью), плавится и сепарируется на стенку с образованием жидкой пленки 4, стекающей по застывшему слою материала (гарнисажной футеровке 5).

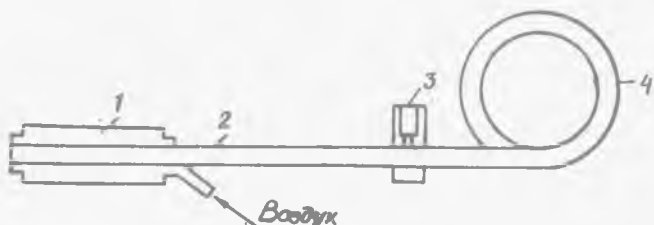
Продукты сгорания топлива 6, содержащие пылевой и капельный унос материала, через аэродинамический пережим 7 и сборник расплава 8 поступают для утилизации тепла в котел-утилизатор 9.

Аэродинамический шум, генерируемый закрученной струей [2, 3], выходящей через аэродинамический пережим ВТА, в принципе, может служить акустическим источником для целей автоматической оценки состояния закрученного потока (звуковая мощность струи должна возрастать в соответствии с законом шестой-восьмой степени [4]), однако при его использовании возникает ряд трудностей: сложность выбора места установки приемника звука на промышленном аппарате, нелинейный характер зависимости, статистический характер излучения.

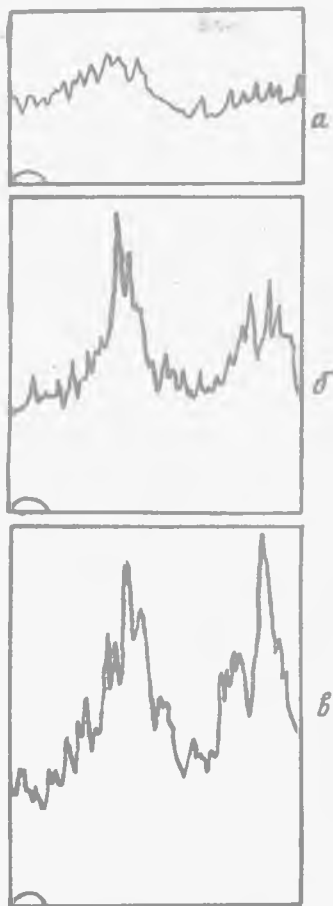
Особый интерес для целей акустической диагностики состояния закрученного потока в ВТА представляет его способность к самовозбуждению при определенных условиях (достаточной длине камеры закручивания и степени закрутки потока, одинаковой физической природе рабочего потока и окружающей среды) регулярных пульсаций скорости и давления, вызывающих появление дискретной частотной составляющей в акустическом спектре [5].



Р и с. 1. Вихревой технологический аппарат



Р и с. 2. Микрофонный зонд



Р и с. 3. Спектры шума циклонно-вихревого аппарата при  $\alpha = 1,05$ ; расходе топлива  $0,72 \text{ м}^3/\text{с}$  (а);  $0,835 \text{ м}^3/\text{с}$  (б);  $0,91 \text{ м}^3/\text{с}$  (в)

которой осуществляется на циклонно-вихревом технологическом аппарате Джамбульского суперфосфатного завода.

В состав системы входят микрофонный зонд I, усилитель сигнала микрофона 2, полосовой фильтр 3 для ограничения спектра сигнала и увеличе-

Длительные измерения параметров акустического излучения, генерируемого циклонно-вихревым аппаратом, были организованы с помощью микрофонного зонда (рис. 2), установленного в лючке газохода (рис. I, поз. IO) и включающего в себя приемную трубку для отбора звукового давления 2, микрофонную камеру с микрофоном 3, лабиринт 4, расширительную камеру I для снижения влияния шума воздуха, подаваемого с целью защиты входного отверстия зонда от пыли, находящейся в дымовых газах.

Характеристика зонда оставалась стабильной; не наблюдалось воздействия агрессивных веществ на мембрану микрофона.

Сигнал от зонда подавался на анализатор спектра частот СК4-3.

На рис. 3 приведены спектры шума циклонно-вихревого аппарата, полученные при различных расходах топливозооудшной смеси.

Исследования влияния входных режимных параметров (расходов сырья, топлива, окислителя) на частоту звуковых колебаний показали, что в качестве основного управляющего воздействия целесообразно использовать изменение общего расхода кислорода и соотношения "воздух-кислород" при стабилизированном соотношении "топливо-окислитель".

На рис. 4 приведена структурная схема автоматической системы управления закрученным потоком, внедрение

Р и с. 4. Структурная схема автоматической системы управления закрученным потоком в БТА

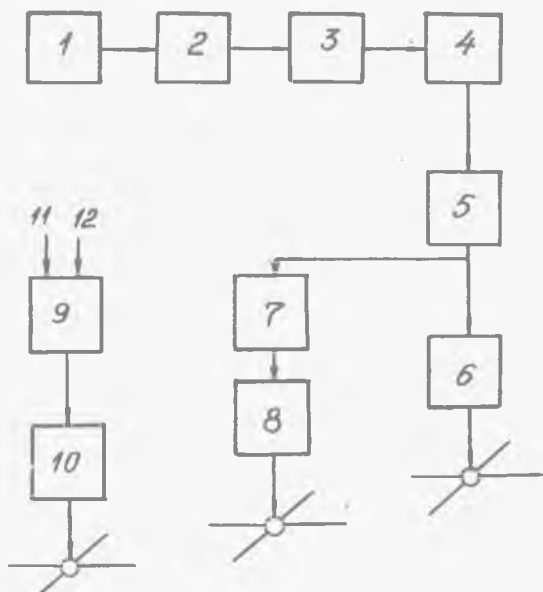
ния отношения "сигнал-шум", блок измерения частоты полезного сигнала 4, построенный на основе метода счета нулевых пересечений случайного процесса (аддитивной смеси полезного гармонического сигнала со стационарного гауссова шума) [8], регуляторы расхода кислорода 6, воздуха 8 и топлива 10, корректирующий регулятор расхода кислорода 5, регулятор соотношения "воздух-кислород"

7, вычислительное устройство 9 для определения необходимого расхода топлива в соответствии с расходом окислителя.

При падении тангенциальной скорости газового потока вследствие настылеобразований из непроплавленного материала произойдет пропорциональное уменьшение частоты звуковых колебаний и корректирующий регулятор 5 выдаст задание на увеличение расхода кислорода. Регулятор соотношения "воздух-кислород" снизит подачу воздуха таким образом, чтобы общий расход потока "топливо-воздух-кислород" с учетом увеличения расхода топлива изменился незначительно. Расход топлива приводится в соответствие расходу окислителя сигналом от вычислительного устройства 9, рассчитывающего необходимое количество топлива по величине расходов воздуха 11 и кислорода 12.

Увеличение подачи кислорода и топлива в вихревой аппарат приведет к повышению температуры газового потока, проплавлению гарнисажной футеровки и восстановлению тангенциальной скорости.

Как свидетельствуют результаты промышленных испытаний системы контроля состояния закрученного потока путем его акустической диагностики, применение автоматической системы управления повысит эффектив -



ность работы вихревого аппарата за счет экономии топливных и сырьевых ресурсов, повышения качества готового продукта.

#### Л и т е р а т у р а

1. Сидельковский Л.Н., Шурыгин А.П. Циклонные энерготехнологические установки. - М.: Госэнергоиздат, 1961. - 80 с.
2. Лю, Рамсей, Миллер. Шум закрученных струй. - Ракетная техника и космонавтика, 1977, т. 15, № 5, с. 642-646.
3. А.с. 927320 (СССР). Способ автоматического управления аппарата - том циклонного типа. /Ю.К.Тодорцев, А.И.Ваганов. Оpubл. в Б.И., 1982, № 18.
4. Авиационная акустика /Под ред. А.Г.Мунина, В.Е.Квитки. - М.: Машиностроение, 1973. - 448 с.
5. Кныш Ю.А., Лукачев С.В. Экспериментальное исследование вихревого генератора звука. - Акустический журнал, 1977, т. 23, вып. 5, с. 776-782.
6. Кныш Ю.А., Урывский А.Ф. К теории возникновения регулярных пульсаций в закрученном потоке жидкости. - Изв. вузов СССР. Авиационная техника, 1982, № 1, с. 83-89.
7. Киясбейли А.Ш., Перельштейн М.Е. Вихревые измерительные приборы. - М.: Машиностроение, 1978. - 152 с.
8. Захаров Ю.С., Тихомиров В.П. Обнаружение и измерение частоты слабого сигнала, скрытого шумами, методом счета нулей. - Изв. вузов СССР. Радиотехника, 1964, № 5, с. 602-608.

УДК 621.7.02

В.И.Немировский

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ГИДРОДИНАМИКИ ЗАКРУЧЕННЫХ ПОТОКОВ

В ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ КАНАЛАХ

Неполнота идеальной модели будет заключаться в использовании априорной информации о распределении  $E(\psi)$  и  $\Gamma(\varphi)$  в области обратного тока. Разбиение области течения на подобласти и введение естественной системы координат позволяет получить картину течения в целом.

Для этой цели [1] в плоскости меридионального сечения  $q_3 = \varphi = \text{const}$  выберем в качестве  $q_2 = \text{const}$  и  $q_1 = \text{const}$  соответственно линии тока и семейство ортогональных к ним кривых. Поскольку в стационарном случае линии тока меридионального течения совпадают по направлению с